

T2832

ALLEN TRANSLATION SERVICE
Translated from French

1

=====

[Johnson & Johnson Reference 03674]

REPUBLIC OF FRANCE

No. of publication: 2 433 767
to be used only for
copying orders

NATIONAL INSTITUTE
OF PATENT RIGHTS

PARIS

PATENT APPLICATION
No. 79 19148

DEVICE FOR INCIDENT ILLUMINATION FOR A MICROSCOPE

International Classification: (Int. Cl. 3) G 02 B 21/08

Deposition date: July 25, 1979

Priority claimed: Patent application deposited at Democratic
Republic of Germany July 27, No. WP 02 G b/
206.975

Date of opening application to public: BOPI "Lists" No. 11,
3/14/1980

Applicant: Company known as: VEB CARL ZEISS JENA, company
under German law, with headquarters in the German
Democratic Republic.

Invented by: Horst Riesenbergr

Owner: the same

Proxy: Cabinet Madeuf, Patent Lawyers, 3 avenue Bugeaud, 75116
Paris.

The invention relates to a device for incident illumination
for a microscope, permitting the passage from a bright field
illumination to a dark field illumination.

In incident bright field illuminations of the type
mentioned, the light beam emitted by the light source and
received by the collector, generally by the intermediary of
additional image-forming lenses and a plane, partly transparent
mirror, is aimed to pass through the center of the microscope
objective.

On passing to dark field incident illumination, a known device provides, on the path of the beam, for the mounting of a device with rotational symmetry, forming stairs for the light and thanks to which the beam of light rays which is circular in cross-section is transformed into a beam of light rays of annular cross-section, which after deflection by a plane annular mirror will hit the objective of the microscope and is deflected or focussed for the purpose of illuminating the object by an annular condenser surrounding the microscope objective. The disadvantage of this device is due to the fact that because of the divergence of the annular beam of light rays between the light stair and the annular dark field condenser, only a part of the light sent by the light stair and striking the collector, is received by the dark field annular condenser and is sent onto the object, while part of the light is not used for the indirect dark field illumination. Because of this, the luminosity of the dark field image observed does not satisfy all the requirements. According to another known device (Austrian patent No. 297369), during the passage to dark field incident illumination, a central diaphragm is interposed that masks the central part of the light beam with a circular cross-section and which uses only the external annular part for the dark field incident illumination. Although it is possible to obtain by means of image-forming lenses arranged centrally against the collector and the objective of the microscope, an image of the filament of the lamp in the region of the pupil of the objective of the microscope or in the proximity of the annular dark field condenser surrounding the objective and although in this way the disadvantages of the device described above are avoided as far as the divergence of the rays is concerned, this device nevertheless has several disadvantages. One of these disadvantages consists in the fact that an important part of the beam of light rays received by the collector is obscured by the dark field illumination and is ineffective. The effective external parts of the image of the filament in a dark field illumination, in general display a lower light density than that of the central parts, and in addition the structure of the filament appears disturbingly and with a variable light density or luminance in the image of the filament which is necessarily significant which should mask the pupil of the objective and the dark field ring that surrounds it.

Another disadvantage lies in the fact that a total separation of the rays for the bright field illumination and the dark field illumination by a central diaphragm is not possible without an obscuring effect and without further damaging the luminosity when the diaphragm is arranged in front of the annular deflecting mirror. If the central diaphragm is arranged in a place where an intermediate image of the filament is formed, this separation is possible but the lenses that follow constitute sources of disruptive light because of the unavoidable zig-zag reflections that cause the formation of an undesirable parasitic light coming into the objective, preventing the formation of contrasts in the dark field image of the object.

According to another known device (German Patent No. 2331750), which refers to the device described above, the dark field beam is reproduced in the form of a luminous ring in the proximity of the dark field annular condenser surrounding the objective by means of a mirror in the form of a solid of revolution reflecting on to its inner surface in conjunction with another centrally-arranged optical element, this beam then passing cross a relatively long and narrow cylindrical opening of the foot of the microscope.

The disadvantage of the illumination device just described consists in the fact that a significant part of the beam of light rays received by the collector is obscured during the dark field illumination and remains ineffective. In addition, it is also disadvantageous that the outer parts of the overall beam of light rays received by the collector and of which the luminosity is further reduced, be utilized for the dark field beam. Another disadvantage arises from the fact that after the reflection on the mirror mentioned a crossing of the rays is produced and the dark field beam is reflected by the plane partially transparent deflection mirror. Losses in light result from this and the plane mirror constitutes an additional source of interference giving rise to an undesirable parasite light arriving in the objective and preventing the formation of contrasts in the dark field image of the object.

In another known device (German Patent No. 2542075), which follows the one that has just been described, by interposing an annular lens of different shape in the light beam and behind the reflection mirror the disadvantage is avoided in which the dark field beam is reflected by the partly transparent zone of the deflection mirror which necessarily has the effect of great losses of light and the plane mirror constitutes a source of interference. However, the disadvantages inherent in the interposition of a central diaphragm on to the passage of the dark field illumination remain.

The invention has as its objective to increase the efficacy of an incident illumination device permitting the rapid change between a bright field illumination and a dark field illumination, especially when a more difficultly realizable dark field illumination is involved.

In consequence, the invention has as its objective to create a device for incident illumination that permits a rapid change between a bright field illumination and a dark field illumination and in which it is possible to obtain an optimal luminosity at the time of dark field incident illumination by using efficiently and simultaneously the light sent by the light source and received by the collector and which, in addition, to a great extent permits the avoidance of parasitic lights so that the dark field image of the object is displayed with strong contrasts.

According to the invention, the problem is resolved by an illuminating device that includes a light stair that is rotationally symmetrical and in which the meridional divergence of the beam of light rays with an annular cross section is limited by a concave curve in meridional section of at least one mirror of the rotationally symmetrical light stair and/or by at least one ring-shaped light entry and/or exit surface and which is provided for on a transparent body situated in the beam of rays with an annular cross section and in front of the objective of the microscope, the surface having a convex meridional curve of which the optical center is situated outside the optical axis of the passage of the illumination light rays at least in the proximity of the beam of light rays with an annular cross section, so that the beam of light rays with an annular cross section is concentrated, forming a narrow ring around the objective of the microscope.

An illuminating device in accordance with the invention, of particularly simple construction, is comprised of a rotationally symmetrical light stair in the form of a transparent compact body of which the exit surface of the optically refracting light displays a convex meridional curve. An illumination device is generally advantageous from the optical viewpoint when a transparent annular body mounted below the optical stair is disposed in the beam of rays of annular cross section, in which the light entry and/or exit surface has a convex meridional curvature. To simplify the mechanism for the change between bright field illumination and dark field illumination, the inside diameter of the annular body is chosen to be larger than the diameter of the beam of light rays of annular cross section, measured at the location of the annular body, so that its position can be kept centered relative to the optical axis of the passage of the light rays both for dark field illumination and for bright field illumination.

Even when large fields are observed, the unit can be realized in a compact form when the beam of light rays of annular cross section surrounding the ray divider is assembled conically to form a smaller annular diameter. The conical appearance is retransformed into a cylindrical appearance by a light entry and/or exit surface having a convex meridional curvature and situated on at least one transparent annular curvature arranged, in the front of the objective of the microscope, on the path of the rays of the beam of light rays with an annular cross section.

Each of the convex meridional curves mentioned of the annular light entry and/or exit disposed in the beam of rays of annular cross section can be in the form of a spherical, non-spherical or Fresnel lens.

Various other characteristics of the invention will appear from the detailed description which follows.

Forms of realization of the object of the invention are represented as non-limiting examples in the attached drawings.

Fig. 1 represents a cross section of the optical elements of an incident illumination device according to the invention comprising a rotationally symmetrical light stair and a transparent annular body including a convex toric light entry and/or exit surface.

Fig. 2 shows, in section, the optical elements of an illumination device in accordance with the invention, comprising a rotationally symmetrical light stair of which only one-half is shown, and which, realized in transparent material, has a light exit surface of toric convex shape.

Fig. 3 shows in section the optical elements of an illumination device according to the invention comprising a rotationally symmetrical light stair and an external annular mirror of non-spherical convex shape.

To demonstrate the path of the rays, the light rays limiting the respective beams are represented on the drawings in the form of fine lines.

The beams of light rays destined for dark field and bright field illumination are emitted by the light source 1 and encounter a collector 2 which they leave in the form of a beam of light rays directed centrally relative to the optical axis 0-0' of the path of the illuminating beam.

Fig. 1 represents an illumination device in which an opening diaphragm 3 and a lens 4 disposed above a field diaphragm 5 follow each other in being centered in relation to the optical axis 0-0' of the path of the illuminating beam.

When dark field illumination is involved, the light rays coming from the stop diaphragm 5 pass through a lens 6 reproducing an image at infinity of the stop diaphragm and they then arrive centrally on an objective 7 of the microscope which directs the beam of light rays onto the object 8 for the purpose of bright field illumination. The direction of the optical axis 0-0' travelled by the illumination rays is deflected 90° by a partly transparent mirror 6 reproducing the image at infinity of the field/stop diaphragm, and the objective 7 of the microscope, in such a way that the path of the illuminating rays are separated from the path of the observation rays which pass through the partially transparent mirror 9 centrally to an optical axis 0-0' of the path of the observation rays. On Fig. 1, a rotationally symmetrical light stair 10 is disposed and centered in relation to the optical axis 0-0' of the path of the

illumination rays between the stop diaphragm 5 and the lens 6 which follows. Because of this, dark field illumination is obtained in which the light rays exiting from the stop diaphragm 5 arrive on the conical inside mirror 11 of the rotationally symmetrical light stair 10. The external annular mirror 12 of the rotationally symmetrical light stair 10 is struck by the rays reflected by the inside mirror 11 in a direction that is practically radial relative to the optical axis $O-O'$ of the path of the illumination rays and again sends them in a direction parallel to the optical axis $O-O'$ of the path of the illumination rays. The surfaces of the two mirrors 11 and 12 of the rotationally symmetrical light stair 10 display the same angle of inclination relative to the optical axis and because of this they cause a shift in parallel of the different rays, thus creating a beam of light rays with an annular cross-section and disposed in a centered manner around the optical axis $O-O'$ of the path of the illumination rays. This beam hits a plane annular mirror 13 situated in the plane of the partly transparent mirror 9, and goes from there in the direction of the optical axis $O'-O''$ of the path of the observation rays, passes around the objective 7 of the microscope and arrives on an annular condenser 14 which directs it onto the object 8. In the beam of light rays of annular cross section is disposed, centered relative to the optical axis $O-O'$ of the path of the illuminating rays, a transparent annular body 15 provided with toric convex light entry and exit surfaces. The transparent annular body permits a significant reduction in the divergence of the beam of rays of annular cross section to be obtained, and its concentration into a narrow ring around the objective 7 of the microscope.

Thus losses of light can be avoided and all the light rays reflected regularly by the external annular mirror 12 of the rotationally symmetrical light stair 10 arrive on the object 8 without the channel designed for the beam of light rays for the dark field illumination or the annular condenser having to display significant dimensions relative to the objective. The inside diameter of the transparent annular body 15 is larger than that of the beam of light rays of circular cross section destined for the light field illumination not passing through the body 15. The body 15 thus remains in its centered position relative to the optical axis of the path of the illuminating rays when passing from bright field illumination to dark field illumination. Because of the weaker section of the beam of rays of annular cross section relative to the section of the ray of the known illumination device with a rotationally symmetrical light stair, the beam of light rays for the dark field illumination can again be separated more efficiently from the route of the observation rays. The rotationally symmetrical light stair 10, of which only half is shown in Fig. 2, is realized as a compact transparent body comprising the reflective surfaces 11 (inside mirror) and 12 (external annular mirror) and

the convex toric light exit surface 16 which is optically refractive. Below the optical axis $0-0'$ of the path of the illuminating rays, Fig. 2 shows the path of the rays destined for bright field illumination when the rotationally symmetrical light stair 10 is out of the circuit. The centers of curvature of the meridional curves of the light exit surface 16 are situated on a circle around the axis $0-0'$ of the path of the illuminating rays which is smaller than that of the transformations of the optical axis $0-0'$ of the path of the illumination rays determined by the mirrors 11 and 12 of the rotationally symmetrical light stair 10. Thus, not only is a diminution of the divergence of the annular beam of light rays exiting from the rotationally symmetrical light stair obtained, but its conical appearance to form a smaller diameter ring is also obtained. The last-mentioned effect can also be obtained in the same way by means of a transparent annular body or by modifying the inclination of one of the mirrors of the rotationally symmetrical light stair. In an assembly of this type shown in Fig. 2, the beam of light rays with a circular cross section attains a sufficiently small diameter and regains a cylindrical shape after being reflected by the plane annular mirror 13 above the objective 7 of the microscope. In the device shown, a transparent annular body 17 with toric convex light entry and exit surfaces is arranged between the plane annular mirror 13 and the objective 7 of the microscope. The centers of curvature of the meridional curves of the light entry and exit surfaces are situated on a circle surrounding the axis $0-0'$ of the path of the illuminating rays and at the same time the axis $0'-0''$ of the path of the observation rays, this circle being greater than/higher than that of the transformations of the optical axis $0-0'$ of the path of the illumination rays produced by the mirrors 11 and 12 as well as by the light exit surface of the rotationally symmetrical light stair 10 when the rays pass across these surfaces which are transformed because of this and pass from an appearance with a conical envelope to an appearance with a cylindrical envelope. In addition, the toric surfaces according to the invention determine a convergence of the beam of light rays with an annular cross section in the meridional plane.

The assembly that has just been described permits the realization of a compact device, using in particular a smaller dark field illumination channel and an annular condenser of small size while still completely exploiting the light, and at the same time a relatively significant divergence of the path of the observation rays exiting from the objective 7 is obtained and, because of this, an image formation without masking for the largest objective fields by using a large surface ray divider constituted as a partly transparent mirror 9 [is achieved].

An illumination device according to the invention, comprising an optical axis $0'-0''$ of the path of the observation rays deflected by a partly transparent mirror 9 and an optical axis $0-0'$ of the path of the illumination rays passing through the partly transparent mirror 9 is shown in Fig. 3. In the optical axis $0-0'$ of the path of the illuminating rays are arranged successively in the direction of the light: a light source 1, a collector 2, then a stop diaphragm 5 of which an image is reproduced at infinity by a lens 6 during dark field illumination. The lens 6 is followed by the partly transparent mirror 9, the objective 7 and an object 8. The beam of light rays with a circular cross section passes between the field diaphragm 5 and the next lens 6, a rotationally symmetrical light stair 10 which is arranged centrally in the optical axis $0-0'$ of the path of the illuminating rays. The beam is transformed by the stair 10 to take the form of a beam of light rays of annular cross section that without being subjected to any other influence is going to strike an annular condenser 14 and creates the dark field illumination of the object 8.

The reduction in the meridional divergence of the beam of light rays with an annular cross section, so that it is concentrated in the form of a narrow ring around the objective of the microscope, is realized in this case by an optically reflective concave toric surface and realized as an external annular mirror 12 of the rotationally symmetrical light stair 10.

The inside mirror 11 of the rotationally symmetrical light stair 10 is conical in shape, as in the other examples described, its point being directed towards the collector. Depending on the dimensions and the position of the optical elements of an illumination device, better results can however be obtained with an internal mirror of toric shape or of its combination with an external annular mirror of toric shape of the rotationally symmetrical light stair, these results being more favorable from the viewpoint of their fabrication and a more advantageous guidance of the light rays for dark field illumination.

The examples described show the possibilities for realization of an illumination device in accordance with the invention, but they do not show all the possibilities for realization because of the fact that almost all the combinations of toric surfaces described, optically reflective and optically refractive, together with a symmetrical light stair are valid for an illumination device of corresponding dimensions.

For these reasons, optically refractive surfaces with concave meridional curvature, or a rounded mirror that is convex in meridional section, of the rotationally symmetrical light stair can permit an advantageous configuration of the rays to be obtained by means of the optical surfaces mentioned. In addition, it is possible, depending on circumstances, to find for each toric surface more appropriate equivalent surfaces in which the meridional curve displays the same cross section as the surface of a Fresnel lens, and it is then sub-divided into different zones of which each one has a toric shape.

Special surfaces with an non-spherical meridional curve can also be used, but their fabrication is generally more complicated than that of the toric surfaces.

CLAIMS

1. Device for the incident illumination of microscopes, by means of a beam of light rays of circular cross section for bright field illumination, the beam passing into an optical director of the rays to separate the path of the observation rays from the path of the illumination rays when a bright field illumination is involved and which passes to the center of the objective of the microscope, and by means of a beam of light rays of annular cross section when a dark field illumination is involved, the beam passing around the optical ray divider and the objective of the microscope, coming from a rotationally symmetrical light stair which is inserted into the beam of light rays of circular cross-section above the ray divider and in the optical axis of the path of the illumination rays and which, by reflection on its internal mirror of which the point is directed towards the incident beam of rays and then by its external annular mirror, transforms the beam of light rays of circular cross section into a beam of annular cross section, characterized by the fact that the meridional divergence of the beam of light rays of annular cross section is limited by a concave curvature in the meridional section of at least one of the mirrors of the rotationally symmetrical light stair and/or by at least one light entry or exit surface of a transparent body arranged in the beam of light rays of annular cross section, the surface having a convex meridional curve of which the optical center is situated outside the optical axis of the path of the illuminating rays at least in the proximity of the beam of light rays of annular section so that the beam of light rays of annular cross section is concentrated in the shape of a narrow ring around the objective of the microscope.
2. Incident illumination device in accordance with Claim 1, in which the rotationally symmetrical light stair is constituted of a transparent compact body, characterized by the fact that the optically refractive light exit surface of the rotationally symmetrical light stair displays a convex meridional curvature.
3. Incident illumination device in accordance with Claim 1, characterized by the fact that the rotationally symmetrical light stair is arranged below a transparent annular body having a light entry and/or exit surface of convex meridional curvature disposed in the beam of light rays of annular cross section.

4. Incident illumination device in accordance with Claim 3, characterized by the fact that the internal diameter of at least one of the said annular bodies is greater than the diameter of the beam of light rays of circular cross section measured at the location of the annular body, the said body maintaining its centered position relative to the optical axis of the path of the illuminating rays both during dark field illumination and during bright field illumination.
5. Incident illumination device in accordance with Claim 4, designed in particular for the observation of large fields, characterized by the fact that the beam of light rays of annular cross section surrounds the optical ray divider, displaying a conical shape of a small annular diameter and this up to a transparent annular body of which the light entry or exit surface has a convex meridional curvature of which the optical center is situated in an external zone or outside of the beam of light rays of annular cross section.
6. Incident illumination device in accordance with one of the Claims 1 to 5, characterized by the fact that at least one of the convex meridional curves displays the shape of a meridional section of the surface of a convex Fresnel lens.

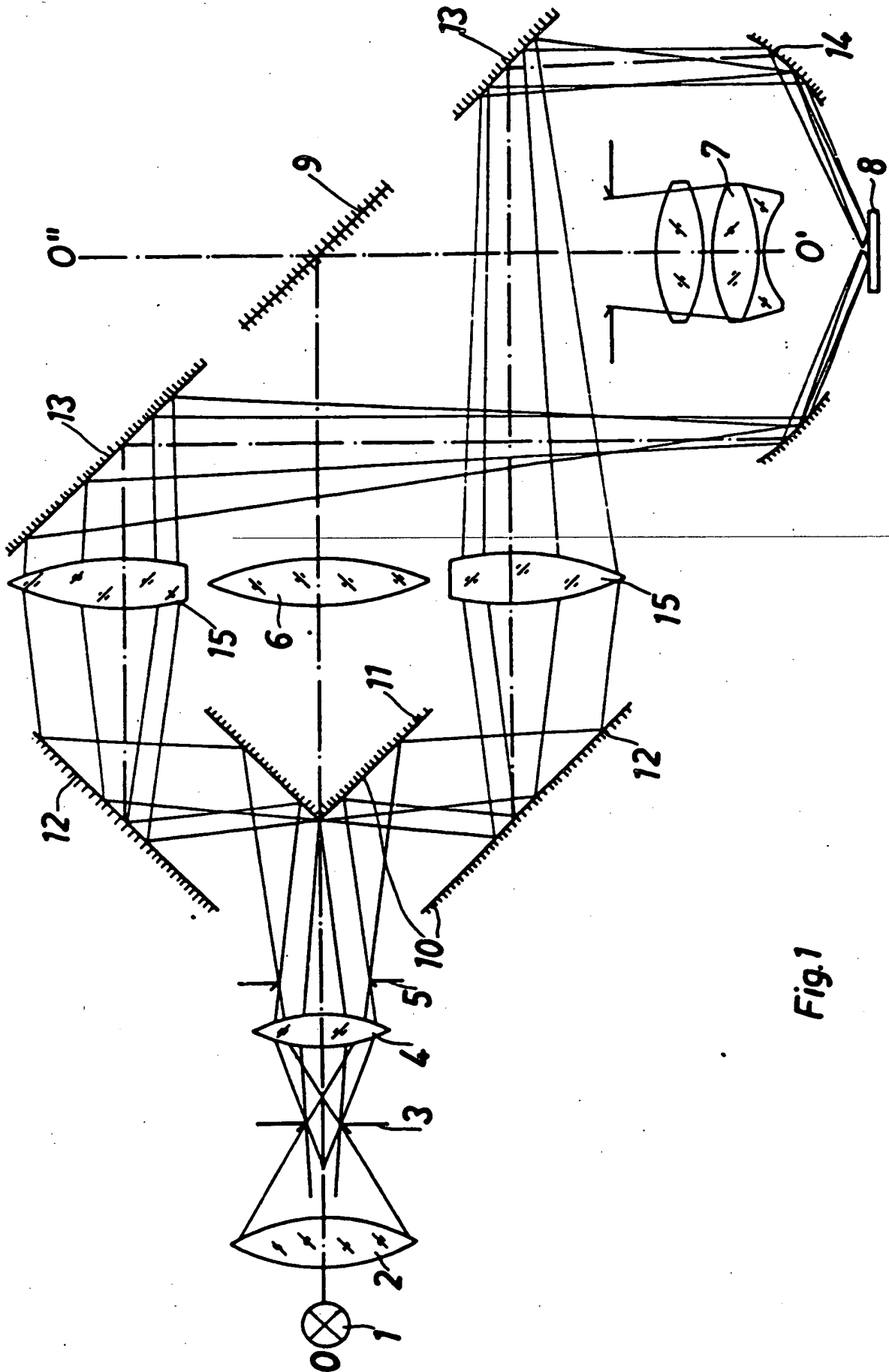


Fig. 1

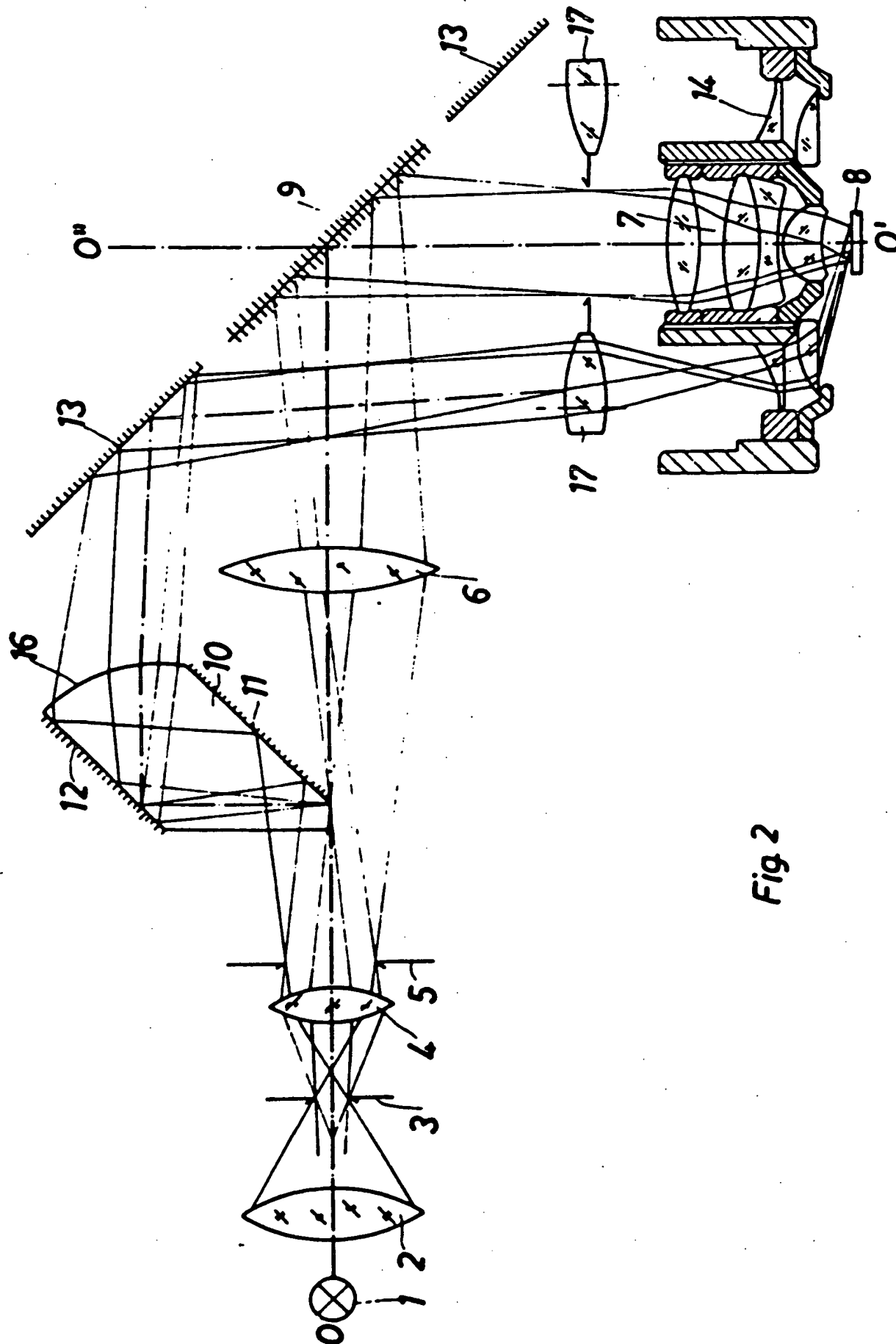


Fig 2

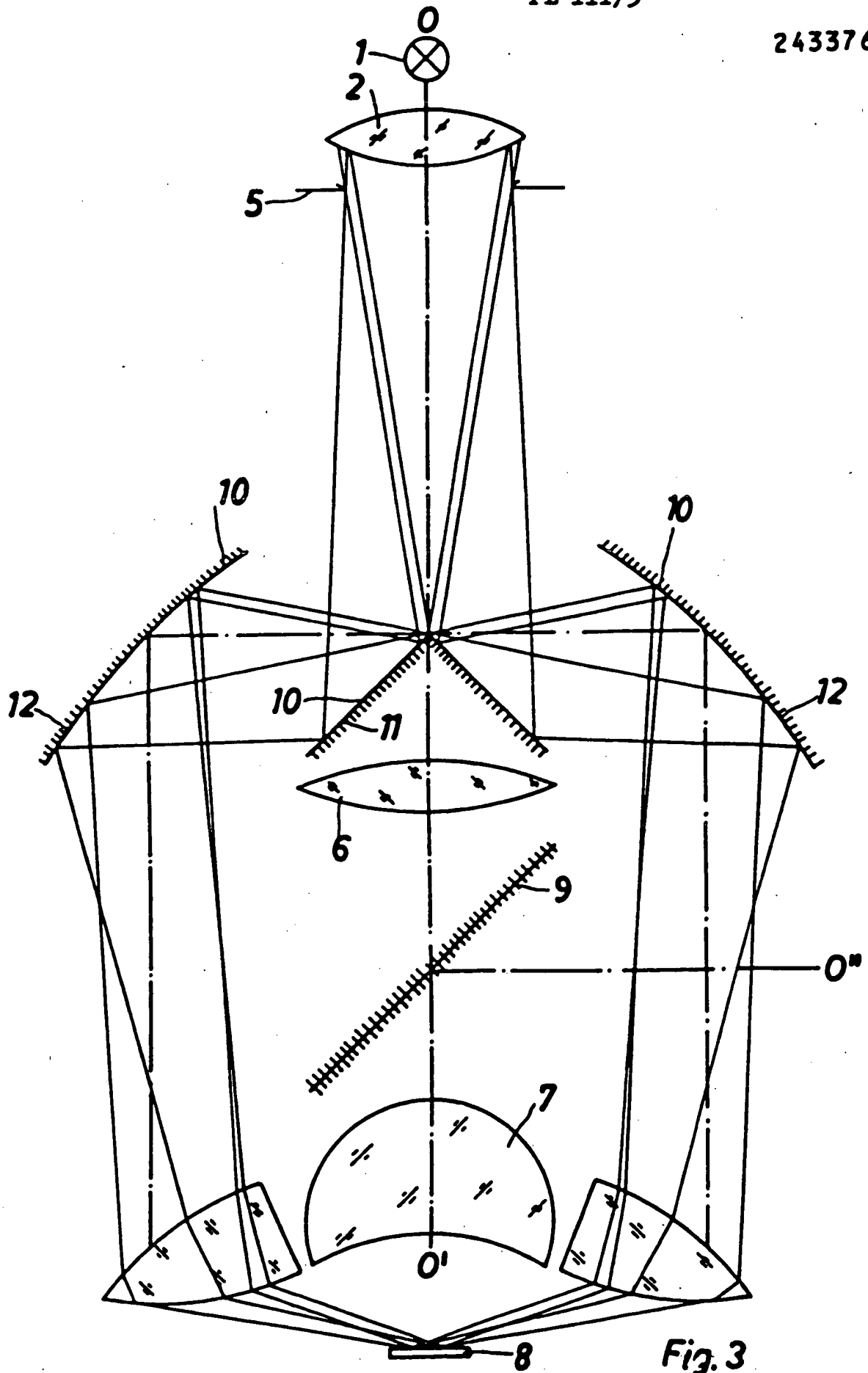


Fig. 3

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 79 19148

T 2832

(54)

Dispositif à éclairage incident pour microscope.

(51)

Classification internationale. (Int. Cl 3) G 02 B 21/08.

(22)

Date de dépôt 25 juillet 1979.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée : *Demande de brevet déposée en République démocratique allemande
le 27 juillet 1978, n. WP G 02 b/206.975.*

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande

B.O.P.I. - «Listes» n. 11 du 14-3-1980.

(71)

Déposant : Entreprise dite : VEB CARL ZEISS JENA, Entreprise de droit allemand,
résidant en République démocratique allemande.

(72)

Invention de : Horst Riesenbergr.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Cabinet Madeuf. Conseils en brevets, 3, avenue Bugeaud, 75116 Paris.

L'invention concerne un dispositif à éclairage incident pour microscope permettant le passage d'un éclairage pour fond clair à un éclairage pour fond noir.

5 Dans les éclairages incidents pour fond clair du type mentionné, le faisceau lumineux envoyé par la source lumineuse et reçu par le collecteur - généralement par l'intermédiaire de lentilles additionnelles de formation d'image et d'un miroir plan partiellement transparent - est dirigé pour passer par le centre de l'objectif du microscope.

10 Quand on passe à un éclairage incident pour fond noir, un dispositif connu prévoit, sur le parcours du faisceau, le montage d'un dispositif, symétrique en rotation, et formant escalier pour la lumière et grâce auquel le faisceau de rayons lumineux, qui est circulaire en section transversale, est transformé en un faisceau de rayons lumineux de section transversale annulaire, qui après déviation par un miroir plan annulaire vient frapper l'objectif du microscope et est défléchi ou focalisé en vue de l'éclairage de l'objet par un condenseur annulaire entourant l'objectif du microscope. L'inconvénient de cette disposition vient du fait qu'en raison de la divergence du faisceau de rayons lumineux annulaire entre l'escalier à lumière et le condenseur annulaire pour fond noir, seule une partie de la lumière envoyée par l'escalier à lumière et frappant par le collecteur, est reçue par le condenseur annulaire pour fond noir et est envoyée sur l'objet, tandis qu'une partie de la lumière n'est pas utilisée pour l'éclairage indirect sur fond noir. De ce fait, la luminosité de l'image observée sur fond noir ne satisfait pas à toutes les exigences. Selon un autre dispositif connu (brevet autrichien N° 297369), on interpose, lors du passage à l'éclairage incident pour fond noir, un diaphragme central qui obscurcit la partie centrale du faisceau lumineux de section transversale circulaire et n'utilise que la partie annulaire externe pour l'éclairage incident sur fond noir. Bien qu'il soit possible d'obtenir, au moyen de lentilles formatrices d'images disposées centralement contre le collecteur et l'objectif du microscope, une image du filament de la lampe à l'endroit de la pupille de l'objectif du microscope ou à proximité du condenseur annulaire pour fond noir entourant l'objectif, bien qu'on évite ainsi les insuffisances du dispositif

précédemment décrit en c qui conc rn la diverg nce des rayons, cett disposition présente cependant plusieurs inconvénients. L'un de ces inconvénients consist dans le fait qu'une partie importante du faisceau de rayons lumineux reçu par le collecteur
5 est assombri par l'éclairage sur fond noir et est inefficace. Les parties externes efficaces de l'image du filament dans un éclairage pour fond noir présentent, en général, une densité lumineuse plus faible que celle des parties centrales, et la structure du filament apparaît, en outre, de façon gênante et
10 avec une densité lumineuse ou luminence variable dans l'image du filament nécessairement importante qui doit recouvrir la pupille de l'objectif et l'anneau à champ noir qui l'entoure.

Un autre inconvénient réside dans le fait qu'une séparation totale des rayons pour l'éclairage pour fond clair et
15 l'éclairage pour fond noir par un diaphragme central n'est pas possible sans effet d'obscurcissement et sans nuire davantage à la luminosité quand le diaphragme central est disposé à l'avant du miroir annulaire de déviation. Si le diaphragme central est disposé en un endroit où se forme une image intermédiaire du fi-
20 lament, cette séparation est alors possible mais les lentilles qui suivent constituent des sources de lumière perturbatrices, du fait de réflexions en zig-zag inévitables qui provoquent la formation d'une lumière parasite indésirable et parvenant dans l'objectif en empêchant la formation de contrastes dans l'image
25 sur fond noir de l'objet.

Selon un autre dispositif connu (brevet allemand N° 2331750), qui se réfère au dispositif décrit plus haut, le faisceau du champ noir est reproduit sous la forme d'un anneau lumineux à proximité du condenseur annulaire pour champ noir
30 entourant l'objectif au moyen d'un miroir se présentant sous forme d'un corps de révolution réfléchissant sur sa surface interne et en liaison avec un autre élément optique disposé centralement, ce faisceau traversant alors une ouverture cylindrique relativement longue et étroite du pied du microscope.

35 L'inconvénient du dispositif d'éclairag qui vient d'être décrit consist dans l fait qu'une parti important du faisceau de rayons lumineux reçus par l collecteur est obscurci lors d l'éclairag pour fond n ir t reste inefficace. En outre, il est égal ment désavantag ux qu l s parties exter-

nes de l'ensembl du faisce au de rayons lumineux reçu par l
collecteur, et dont la luminosité est plus réduite, sont uti-
lisés pour le faisceau du champ noir. Un autre inconvénient
vient de ce qu'après la réflexion sur le miroir mentionné, il
5 se produit un croisement des rayons et le faisceau du champ
noir est réfléchi par le miroir plan de déviation partiellement
transparent. Il en résulte des pertes de lumière et le miroir
plan constitue une source supplémentaire de perturbations en
donnant naissance à une lumière parasite indésirable parvenant
10 dans l'objectif et empêchant la formation de contrastes dans
l'image sur fond noir de l'objet.

Dans un autre dispositif connu (brevet allemand
N° 2542075), qui fait suite à celui qui vient d'être décrit, on
évite, en interposant dans le faisceau lumineux et à l'arrière
15 du miroir de déflexion, une lentille annulaire de forme diffé-
rente, l'inconvénient selon lequel le faisceau de champ noir
est réfléchi par la zone partiellement transparente du miroir
de déflexion, ce qui a nécessairement pour effet de fortes pertes
de lumière et le miroir plan constitue une source de perturba-
20 tions. Cependant les inconvénients inhérents à l'interposition
d'un diaphragme central sur le passage de l'éclairage sur fond
noir subsistent.

L'invention a pour objet d'augmenter l'efficacité d'un
dispositif à éclairage incident, permettant le changement rapide
25 entre un éclairage pour fond clair et un éclairage pour fond
noir, en particulier lorsqu'il s'agit d'un éclairage pour fond
noir plus difficile à réaliser.

En conséquence, l'invention a pour objet de créer
un dispositif à éclairage incident qui permet un changement
30 rapide entre un éclairage pour fond clair et un éclairage pour
fond noir et dans lequel on peut obtenir une luminosité optima-
le lors de l'éclairage incident pour fond noir en utilisant
efficacement et simultanément la lumière envoyée par la source
lumineuse et reçue par le collecteur, et qui permet en outre
35 d'éviter, dans de fortes proportions, des lumières parasites
d'une manière que l'image sur fond noir de l'objet présente
avec de forts contrastes.

Selon l'invention, le problème est résolu par un dispositif d'éclairage comprenant un escalier à lumière symétrique en rotation et dans lequel la divergence méridienne du faisceau de rayons lumineux de section transversale annulaire est limitée par une courbe concave en section méridienne d'au moins un miroir de l'escalier à lumière symétrique en rotation et/ou par au moins une surface d'entrée et/ou de sortie de lumière de forme annulaire et qui est prévue sur un corps transparent situé dans le faisceau de rayons de section annulaire et à l'avant de l'objectif du microscope, la surface ayant une courbe méridienne convexe dont le centre optique est situé en dehors de l'axe optique du passage des rayons lumineux d'éclairage au moins à proximité du faisceau de rayons lumineux de section annulaire, de sorte que le faisceau de rayons lumineux de section annulaire soit concentré en formant un anneau étroit autour de l'objectif du microscope.

Un dispositif d'éclairage selon l'invention, de construction particulièrement simple, est constitué par un escalier à lumière symétrique en rotation se présentant sous forme d'un corps compact transparent, dont la surface de sortie de la lumière optiquement réfringente présente une courbe méridienne convexe. Un dispositif d'éclairage est généralement avantageux du point de vue optique lorsqu'un corps annulaire transparent monté en aval de l'escalier optique est disposé dans le faisceau de rayons de section annulaire, dont la surface d'entrée et/ou de sortie de lumière présente une courbure méridienne convexe. Pour simplifier le mécanisme de changement entre l'éclairage pour fond clair et l'éclairage pour fond noir, le diamètre interne du corps annulaire est choisi plus important que le diamètre du faisceau de rayons lumineux de section annulaire, mesuré à l'endroit du corps annulaire, de manière que sa position puisse être maintenue centrée par rapport à l'axe optique du passage des rayons d'éclairage aussi bien pour un éclairage sur fond noir que pour un éclairage sur fond clair.

Même quand on observe des champs importants, l'ensemble peut être réalisé sous une forme compacte quand le faisceau de rayons lumineux de section annulaire entourant le diviseur de rayons est rassemblé coniquement pour former un diamètre annulaire plus petit. L'allure conique est transformée

n allure cylindrique par une surface d'entrée et/ou de sortie de lumière présentant une courbure méridienne convexe, et située sur au moins un corps annulaire transparent disposé, à l'avant de l'objectif du microscope, sur le parcours de rayons du faisceau de rayons lumineux de section annulaire.

Chacune des courbes méridiennes convexes mentionnées des surfaces d'entrée et/ou de sortie de lumière annulaires disposées dans le faisceau de rayons de section annulaire peut se présenter sous la forme d'une lentille sphérique, asphérique ou de Fresnel.

Diverses autres caractéristiques de l'invention ressortent d'ailleurs de la description détaillée qui suit.

Des formes de réalisation de l'objet de l'invention sont représentées, à titre d'exemples non limitatifs, aux dessins annexés.

La fig. 1 représente en coupe les éléments optiques d'un dispositif à éclairage incident selon l'invention, comprenant un escalier à lumière, symétrique en rotation, et un corps annulaire transparent comprenant une surface d'entrée et de sortie de lumière torique convexe.

La fig. 2 montre, en coupe, les éléments optiques d'un dispositif d'éclairage selon l'invention comprenant un escalier à lumière symétrique en rotation dont est représentée seulement une moitié et qui, réalisé en une matière transparente, présente une surface de sortie de lumière de forme convexe torique.

La fig. 3 représente en coupe les éléments optiques d'un dispositif d'éclairage selon l'invention comprenant un escalier à lumière symétrique en rotation et un miroir annulaire externe de forme concave asphérique.

Pour mettre en évidence les parcours des rayons, les rayons lumineux limitant les faisceaux respectifs sont représentés sur les figures sous forme de traits fins.

Les faisceaux de rayons lumineux destinés à l'éclairage sur fond noir et sur fond clair sont émis par source de lumière 1 et rencontrent un collecteur 2 qu'ils quittent sous forme d'un faisceau de rayons lumineux dirigé centralement par rapport à l'axe optique O-O' du parcours du faisceau d'éclairage.

La fig. 1 représente un dispositif d'éclairage dans lequel un diaphragme d'ouverture 3 et une lentille 4 disposés en amont d'un diaphragme de champ 5 se suivent en étant centrés par rapport à l'axe optique O-O' du parcours du faisceau d'éclairage.

5 Lorsque'il s'agit d'un éclairage pour fond clair, les rayons lumineux provenant du diaphragme de champ 5 traversent une lentille 6 reproduisant une image à l'infini du diaphragme de champ et ils parviennent ensuite centralement sur un objectif 7 du microscope qui dirige le faisceau de rayons lumineux sur
10 l'objet 8 en vue de l'éclairage sur fond clair. La direction de l'axe optique O-O' parcouru par les rayons d'éclairage est déviée de 90° au moyen d'un miroir 9 partiellement transparent et situé entre la lentille 6 reproduisant l'image à l'infini du diaphragme de champ, et l'objectif 7 du microscope, de ma-
15 nière que le parcours des rayons d'éclairage soit séparé du parcours des rayons d'observation qui passent par le miroir 9 partiellement transparent et centralement à un axe optique O-O' du parcours des rayons d'observation. A la fig. 1, un escalier à lumière 10, symétrique en rotation, est disposé et centré par
20 rapport à l'axe optique O-O' du parcours des rayons d'éclairage entre le diaphragme de champ 5 et la lentille 6 qui suit. De ce fait, on obtient l'éclairage pour fond noir dans lequel les rayons lumineux sortant du diaphragme de champ 5 parviennent sur le miroir interne conique 11 de l'escalier à lumière 10, symétrique en
25 rotation. Le miroir annulaire externe 12 de l'escalier à lumière 10, symétrique en rotation, est frappé par les rayons réfléchis par le miroir interne 11 dans une direction pratiquement radiale par rapport à l'axe optique O-O' du parcours des rayons d'éclairage et les envoie à nouveau dans une direction
30 parallèle à l'axe optique O-O' du parcours des rayons d'éclairage. Les surfaces des deux miroirs 11 et 12 de l'escalier à lumière 10 symétrique en rotation présentent le même angle d'inclinaison par rapport à l'axe optique et provoquent de ce fait un décalage en parallèle des divers rayons, en créant ainsi un faisceau
35 de rayons lumineux de section annulaire et disposés de façon centrée autour de l'axe optique O-O' du parcours des rayons d'éclairage. Ce faisceau vient frapper un miroir annulaire plan 13 situé dans le plan du miroir partiellement transparent 9, et va de là en direction de l'axe optique O-O' du parcours des rayons

d'observation, passe autour de l'objectif 7 du microscope et parvient sur un condensur annulaire 14 qui le dirige sur l'objet 8. Dans le faisceau de rayons lumineux de section annulaire est disposé, centré par rapport à l'axe optique O-O' du parcours des rayons d'éclairage, un corps annulaire transparent 15 pourvu de surfaces d'entrée et de sortie de lumière convexe torique. Le corps annulaire transparent permet d'obtenir une réduction importante de la divergence du faisceau de rayons de section annulaire, et le concentrer en un anneau étroit autour de l'objectif 7 du microscope.

Ainsi, on peut éviter des pertes de lumière et tous les rayons lumineux réfléchis régulièrement par le miroir annulaire externe 12 de l'escalier à lumière 10 symétrique en rotation parviennent sur l'objet 8 sans que le canal destiné au faisceau de rayons lumineux pour l'éclairage sur fond noir ou le condenseur annulaire doivent présenter des dimensions importantes par rapport à l'objectif. Le diamètre intérieur du corps annulaire transparent 15 est plus important que celui du faisceau de rayons lumineux de section circulaire destiné à l'éclairage sur fond clair ne passant pas par le corps 15. Le corps 15 reste donc dans sa position centrée par rapport à l'axe optique du parcours des rayons d'éclairage lorsqu'on passe d'un éclairage pour fond clair à un éclairage pour fond noir. Du fait de la section plus faible du faisceau de rayons de section annulaire par rapport à la section du rayon du dispositif d'éclairage connu à escalier de lumière symétrique en rotation, le faisceau de rayons lumineux, pour l'éclairage sur fond noir, peut être encore séparé de façon plus efficace du trajet des rayons d'observation. L'escalier à lumière 10, symétrique en rotation dont est représentée seulement une moitié à la fig. 2, est réalisé sous forme d'un corps transparent compacte comprenant les surfaces réfléchissantes 11 (miroir interne) et 12 (miroir annulaire externe) et la surface de sortie de lumière torique convexe 16 et optiquement réfringente. En dessous de l'axe optique O-O' du parcours des rayons d'éclairage, la fig. 2 montre le parcours des rayons destinés à un éclairage sur fond clair lorsque l'escalier à lumière 10 symétrique en rotation est hors circuit. Les centres de courbure des courbes méridiennes de la surface de sortie de lumière 16 sont

situés sur un cercle autour de l'axe O-O' du parcours des rayons d'éclairage qui est plus petit que celui des transformations de l'axe optique O-O' du parcours des rayons d'éclairage déterminé par les miroirs 11 et 12 de l'escalier à lumière 10 symétrique en rotation. Ainsi, on obtient non seulement une diminution de la divergence du faisceau de rayons lumineux annulaire sortant de l'escalier à lumière symétrique en rotation, mais également son allure conique pour former un anneau de plus petit diamètre. L'effet mentionné en dernier peut également être obtenu de la même manière au moyen d'un corps annulaire transparent ou en modifiant l'inclinaison de l'un des miroirs de l'escalier à lumière symétrique en rotation. Dans un montage de ce type représenté à la fig. 2, le faisceau de rayons lumineux de section circulaire atteint un diamètre suffisamment petit et reprend une forme cylindrique après être réfléchi par le miroir annulaire plan 13 en amont de l'objectif 7 du microscope. Dans le dispositif représenté, un corps annulaire transparent 17 à surfaces d'entrée et de sortie de lumière convexes toriques est disposé entre le miroir annulaire plan 13 et l'objectif 7 du microscope. Les centres de courbure des courbes méridiennes des surfaces d'entrée et de sortie de lumière sont situés sur un cercle entourant l'axe O-O' du parcours des rayons d'éclairage et simultanément l'axe O'-O'' du parcours des rayons d'observation, ce cercle étant supérieur à celui des transformations de l'axe optique O-O' du parcours des rayons d'éclairage produites par les miroirs 11 et 12 ainsi que par la surface de sortie de lumière 16 de l'escalier à lumière 10 symétrique en rotation lors du passage des rayons à travers ces surfaces qui sont transformées de ce fait et passent d'une allure à enveloppe conique à une allure à enveloppe cylindrique. En outre, les surfaces toriques selon l'invention déterminent une convergence du faisceau de rayons lumineux de section transversale annulaire dans le plan méridien.

Le montage qui vient d'être décrit permet de réaliser un dispositif compact en utilisant en particulier un canal d'éclairage pour fond noir plus petit et un condenseur annulaire de faibles dimensions tout en exploitant complètement la lumière, et on obtient en même temps une divergence relativement importante du parcours des rayons d'observation sortant de l'objectif 7 et, de ce fait, une formation d'image sans obscurcissement

pour des champs d'objectif plus importants en utilisant un diviseur de rayons de grand surface constitué sous forme d'un miroir 9 partiellement transparent.

Un dispositif d'éclairage selon l'invention, comprenant
 5 un axe optique O'-O" du parcours des rayons d'observation dévié par un miroir 9 partiellement transparent et un axe optique O-O' du parcours des rayons d'éclairage passant par le miroir 9 partiellement transparent, est représenté à la fig.3. Dans
 10 l'axe optique O-O' du parcours des rayons d'éclairage sont disposés successivement dans la direction de la lumière: une source de lumière 1, un collecteur 2, puis un diaphragme de champ 5 dont une image est reproduite à l'infini par une lentille 6 lors de l'éclairage pour fond noir. La lentille 6 est suivie du miroir 9 partiellement transparent, l'objectif 7 et un objet 8.
 15 Le faisceau de rayons lumineux de section circulaire passe entre le diaphragme de champ 5 et la lentille suivante 6, un escalier à lumière 10 symétrique en rotation qui est disposé centralement dans l'axe optique O-O' du parcours des rayons d'éclairage. Le faisceau est transformé par l'escalier 10 pour prendre la forme
 20 d'un faisceau de rayons lumineux de section annulaire qui vient frapper sans subir aucune autre influence un condenseur annulaire 14 et crée l'éclairage sur fond noir de l'objet 8.

La réduction de la divergence méridienne du faisceau de rayons lumineux de section annulaire, de manière à ce qu'il
 25 soit concentré sous forme d'un anneau étroit autour de l'objectif du microscope, est réalisée dans ce cas par une surface torique concave optiquement réfléchissante et réalisée en tant que miroir annulaire externe 12 de l'escalier à lumière 10 symétrique en rotation.

30 Le miroir interne 11 de l'escalier à lumière 10 symétrique en rotation est de forme conique, comme dans les autres exemples décrits, sa pointe étant dirigée vers le collecteur. Selon les dimensions et la position des éléments optiques d'un dispositif d'éclairage, on peut cependant obtenir de meilleurs
 35 résultats avec un miroir interne de forme torique ou de sa combinaison avec un miroir annulaire externe de forme torique de l'escalier à lumière symétrique en rotation, ces résultats étant plus favorables du point de vue de leur fabrication et d'un guidage plus avantageux des rayons lumineux pour l'éclairage sur fond noir.

Les exemples décrits montrent des possibilités de réalisation d'un dispositif d'éclairage selon l'invention, mais ils ne présentent pas toutes les possibilités de mise en oeuvre du fait que presque toutes les combinaisons des surfaces toriques décrites, optiquement réfléchissantes et optiquement réfringentes, en liaison avec un escalier à lumière symétrique sont valables pour un dispositif d'éclairage de dimensions correspondantes.

Pour ces raisons, des surfaces optiquement réfringentes à courbure méridienne concave ou un miroir bombé convexe en coupe méridienne de l'escalier à lumière symétrique en rotation peuvent permettre d'obtenir une configuration avantageuse des rayons au moyen des surfaces optiques mentionnées. En outre, on peut, selon les circonstances, trouver pour chaque surface torique des surfaces équivalentes mieux appropriées dont la courbe méridienne présente la même section que la surface d'une lentille de Fresnel, et elle est alors subdivisée en zones diverses dont chacune présente une forme torique.

On peut également utiliser des surfaces spéciales à courbure méridienne asphérique dont la fabrication cependant est, en général, plus compliquée que celle de surfaces toriques.

REVENDICATIONS

1 - Dispositif à éclairage incident pour microscope, au moyen d'un faisceau de rayons lumineux de section circulaire pour l'éclairage sur fond clair, le faisceau passant dans un diviseur de rayons optique pour séparer le parcours des rayons d'observation du parcours des rayons d'éclairage quand il s'agit d'un éclairage sur fond clair et qui passe au centre de l'objectif du microscope, et au moyen d'un faisceau de rayons lumineux de section annulaire quand il s'agit d'un éclairage sur fond noir, le faisceau passant autour du diviseur de rayons optique et de l'objectif du microscope, en émanant d'un escalier à lumière symétrique en rotation qui est inséré dans le faisceau de rayons lumineux de section circulaire en amont du diviseur de rayons et dans l'axe optique du parcours des rayons d'éclairage et qui, par réflexion sur son miroir interne dont la pointe est dirigée vers le faisceau de rayons incident et ensuite par son miroir annulaire externe, transforme le faisceau de rayons lumineux de section circulaire en un faisceau de section annulaire, caractérisé en ce que la divergence méridienne du faisceau de rayons lumineux de section annulaire est limitée par une courbure concave en section méridienne d'au moins l'un des miroirs de l'escalier à lumière symétrique en rotation et/ou par au moins une surface d'entrée et/ou de sortie de lumière d'un corps transparent disposé dans le faisceau de rayons lumineux de section annulaire, la surface ayant une courbe méridienne convexe dont le centre optique est situé en dehors de l'axe optique du parcours des rayons d'éclairage au moins à proximité du faisceau de rayons lumineux de section annulaire de manière que le faisceau de rayons lumineux de section annulaire soit concentré sous la forme d'un anneau étroit autour de l'objectif du microscope.

2 - Dispositif à éclairage incident selon la revendication 1, dans lequel l'escalier à lumière symétrique en rotation est constitué par un corps compact transparent, caractérisé en ce que la surface de sortie de lumière optiquement réfringente de l'escalier à lumière symétrique en rotation présente une courbure méridienne convexe.

3 - Dispositif à éclairage incident selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'escalier à lumière symétrique

n rotation et disposé en aval d'un corps annulaire transparent présentant une surface d'entrée et/ou de sortie de lumière à courbure méridienne convexe disposé dans le faisceau de rayons lumineux de section annulaire.

- 5 4 - Dispositif à éclairage incident selon la revendication 3, caractérisé en ce que le diamètre interne d'au moins l'un desdits corps annulaires est plus grand que le diamètre du faisceau de rayons lumineux de section circulaire mesuré à l'endroit du corps annulaire, ledit corps maintenant sa position
- 10 centrée par rapport à l'axe optique du parcours des rayons d'éclairage aussi bien lors de l'éclairage sur fond noir que lors de l'éclairage sur fond clair.

- 5 - Dispositif à éclairage incident selon la revendication 4, destiné en particulier à l'observation de champs importants, caractérisé en ce que le faisceau de rayons lumineux de section annulaire entoure le diviseur de rayons optique en
- 15 présentant une forme conique d'un petit diamètre annulaire et ceci jusqu'à un corps annulaire transparent dont la surface d'entrée et/ou de sortie de la lumière présente une courbure
- 20 méridienne convexe dont le centre optique est situé dans une zone externe ou en dehors du faisceau de rayons lumineux de section annulaire.

- 6 - Dispositif à éclairage incident selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'au moins l'une des courbures
- 25 méridiennes convexes présente la forme d'une section méridienne de la surface d'une lentille de Fresnel convexe.

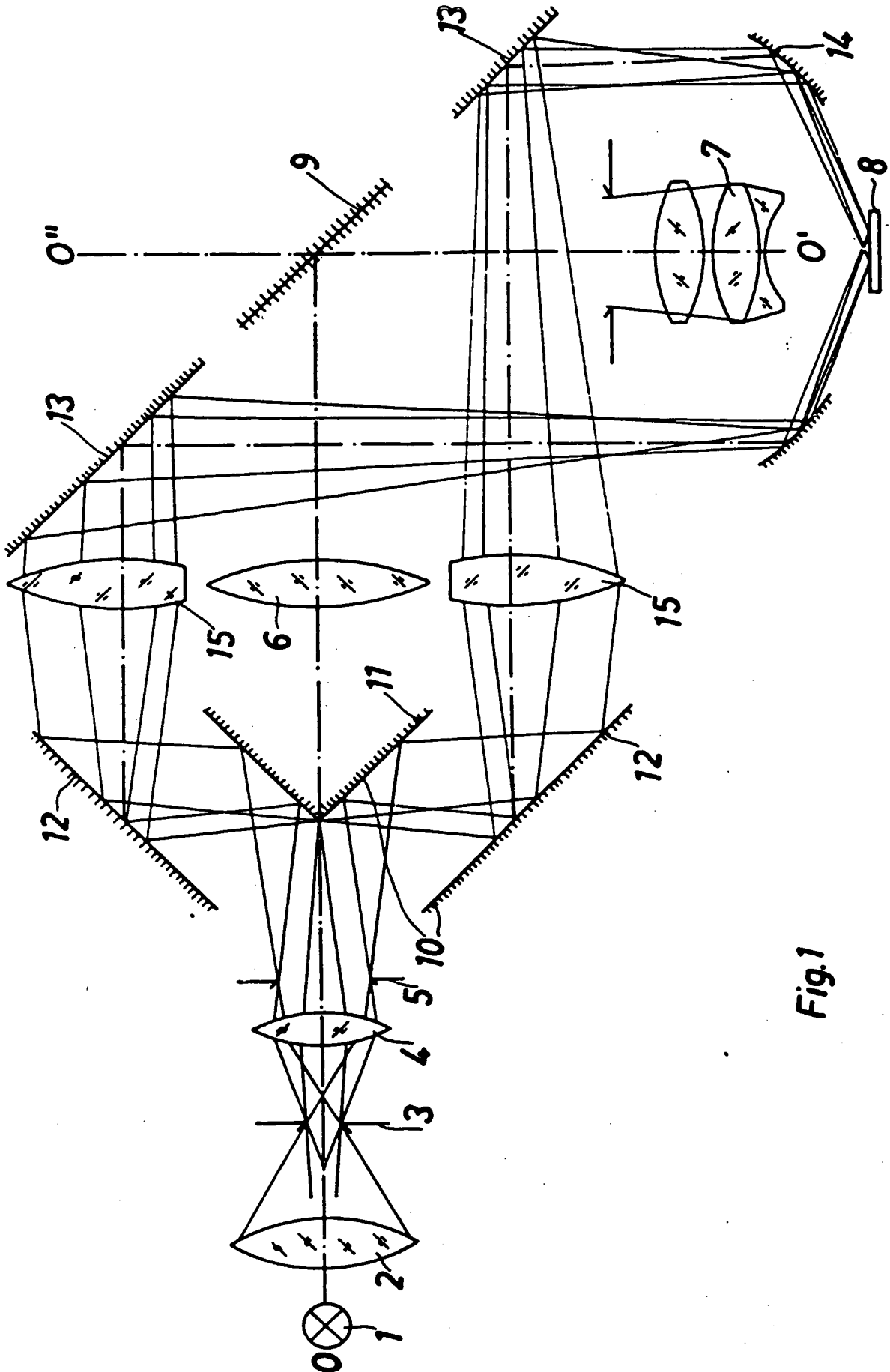


Fig.1

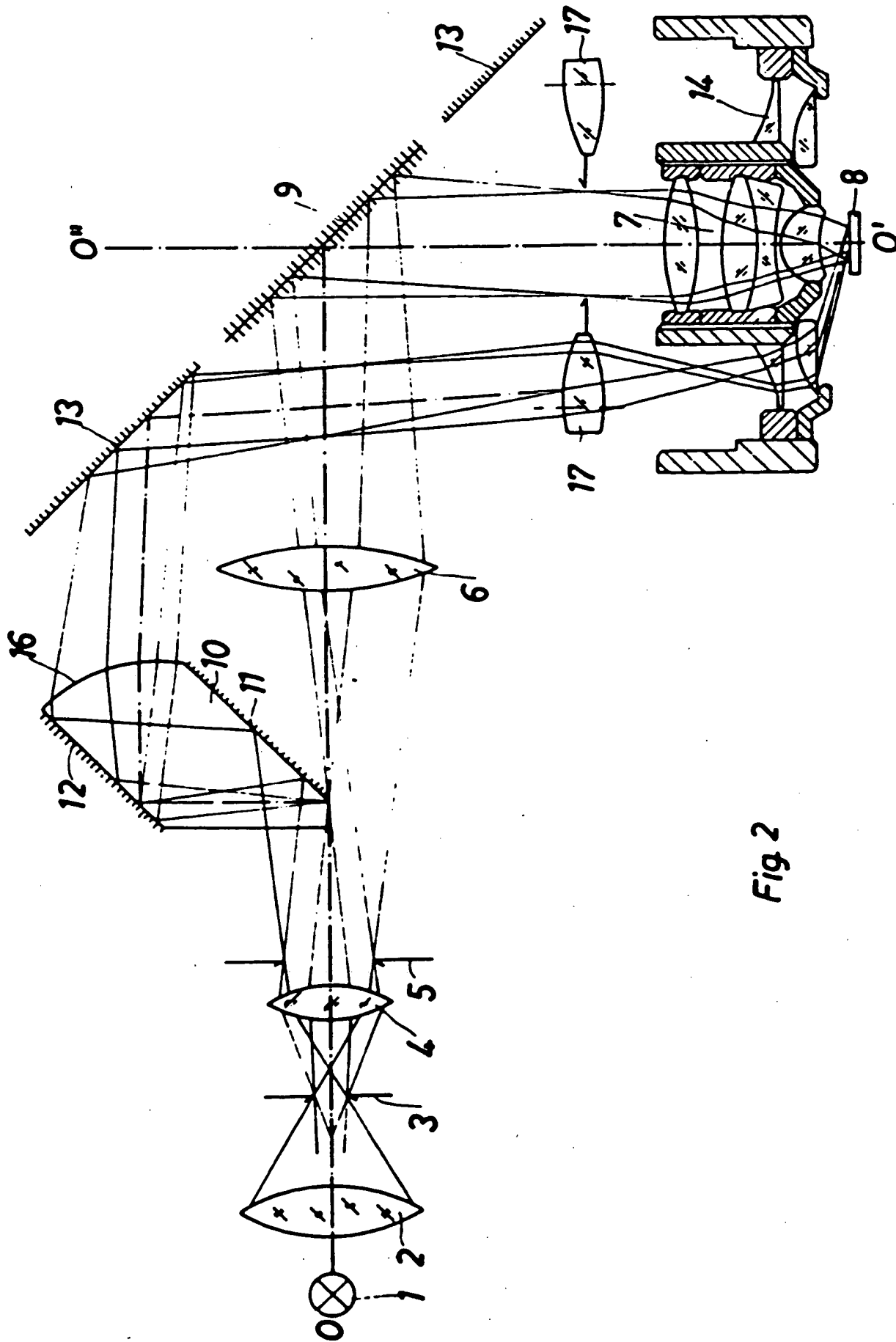


Fig 2

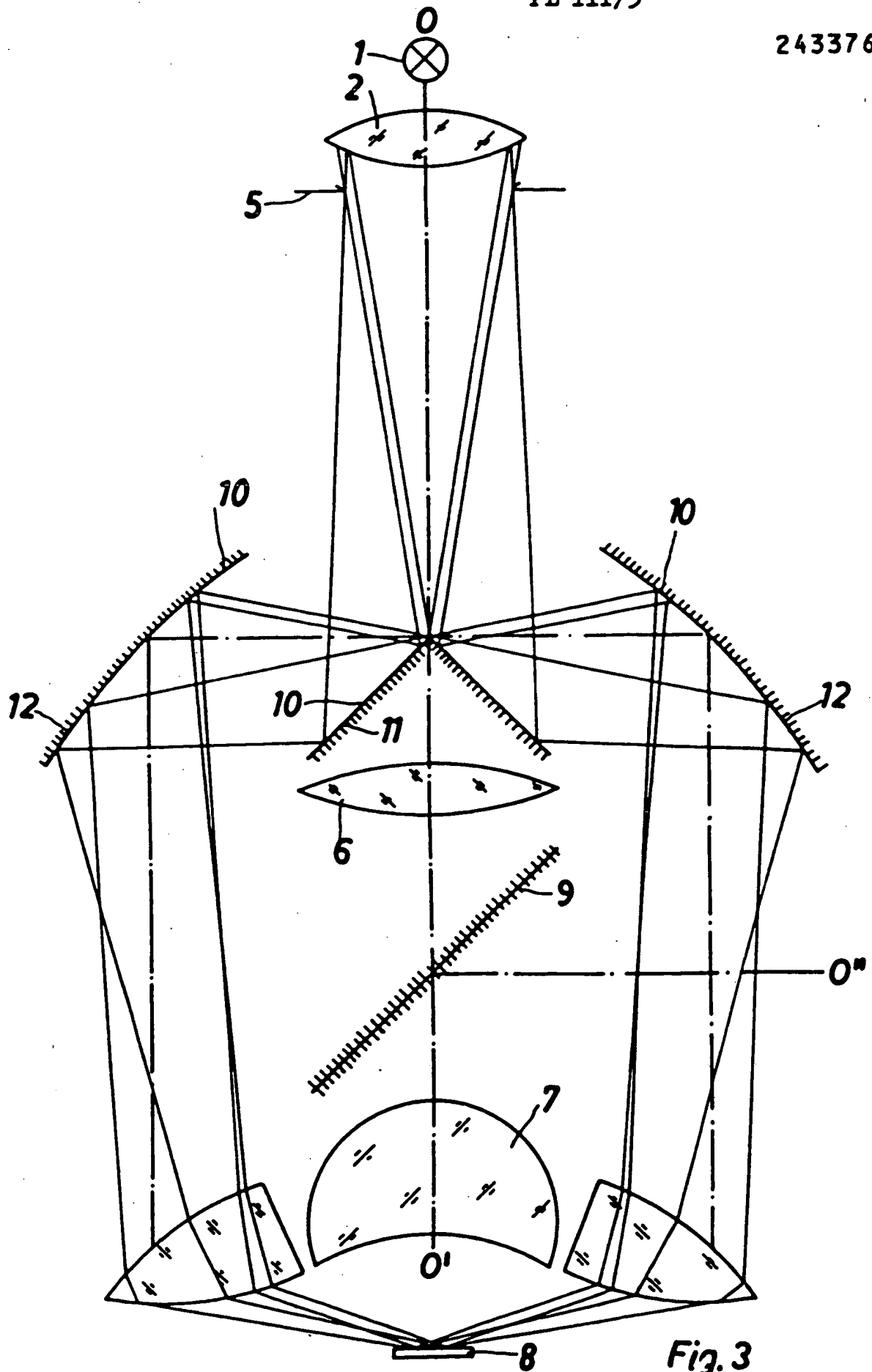


Fig. 3